

熊本大学学術リポジトリ

Kumamoto University Repository System

Title	投球動作中の視覚情報処理時間
Author(s)	小郷, 克敏; 甲守, 秀顕; 錦井, 利臣
Citation	熊本大学教育学部紀要 自然科学, 40: 57-65
Issue date	1991-09-30
Type	Departmental Bulletin Paper
URL	http://hdl.handle.net/2298/2246
Right	

投球動作中の視覚情報処理時間*

小郷克敏・甲守秀顕**・錦井利臣

Processing Time of Visual Information in an Accurate Ball Throwing*

Katsutoshi OGO, Hideaki KOHMORI** and Toshiomi NISHIKII

(Received May 20, 1991)

The reliable program time for the ballistic control with the visual information in a throwing to the target was investigated by means of the interceptions of visual information with nine male university baseball players (T-group) and five male students (Control). The eye-close time was measured the nearest peak to the ball release on the electromyogram that was obtained from both sides of the eyes. The deviation was indicated by the average of the displacement of scattering points of the ball from the center of the target of 5 trials for each appointed stage. The visual information was less effective for accurate throwing in the Control than the T-group. In the T-group, the deviation correlated highly with the eye-close time, but it was not necessarily a linear relation for each subject, because the turning point that the deviation decreased suddenly to the normal throwing level was observed in 600-200 msec before release. It was suggested that the critical input time of visual information for the reliable program of the main ballistic movement existed in the latter half of the throwing process.

Key words visual information, critical duration, ballistic movement

随意運動か意図したとおりに行われるためには，クローストループコントロールまたはオープンループコントロールが必要である。クローストループ制御は，目標に向かって動いている身体部分からの感覚入力により連続的に制御を受けたり，視覚による間欠的フィードバックを受けたりしているのであるが，オープンループ制御という場合は，運動は予めすべてプログラムされ，運動を開始したら何の変更もなく最後まで遂行されるものである。前者の場合には運動開始時に運動の過程を決めておく必要はないが，後者ではそれが必要である。オープンループ制御の運動は速く，発射された弾丸と似ていることからハリスティック動作とよばれることもある¹⁾。この種の運動は中枢における運動プログラムにより遂行されているとするしかない。しかし，ヒトの運動とくにスポーツにおける速い動きの場合，まったくフィードバック情報なしの完全なオープンループ制御では，高度に合目的なパフォーマンスを期待するわけには行かない。たしかに，一連の運動の中でハリスティック動作でしか遂行できない部分のあることはいうまでもないが，そのプログラムのもとになる情報（視覚情報）を捉える時期か，やはりその運動中にあることも予想できる。もっともこの

* 日本体育学会第41回大会（1990年10月12日 岡山大学）で発表した

** 鹿本町立稲田小学校

解釈は、ピッチングやバッティングなどのいわゆるハリスティック運動・動作といわれている²³⁾運動・動作の範囲の捉え方によっても変わるものであろう

今回は、習熟した動作途中の視覚情報の有効処理時間について、野球ホールによる投球動作中の閉眼による視覚情報遮断時間とパフォーマンスとの関係を調べ考察する

方 法

被験者は大学の野球部に所属する男子大学生9名（熟練群）と、野球部所属経験のない男子大学生5名（対照群）である。各被験者の視力、遠投能力、競技歴および年齢は Table 1 に示すとおりである。両群の平均値のうち遠投能力のみに有意の差が認められ ($p < 0.01$)、他の指標では有意の差は認められなかった。

Table 1 The physical characteristics of subjects

Group	Subject	Height (cm)	Weight (kg)	Visual acuity (left)	Visual acuity (right)	Throwing ability (m)	Career (year)	Age (year)
Trained	1	165	61	1.0	1.0	78	10	20
	2	173	68	1.2	1.2	87	11	19
	3	182	80	1.2	1.2	93	12	21
	4	176	90	1.5	1.5	78	13	23
	5	168	59	0.7	0.5	78	11	18
	6	177	70	1.5	1.5	87	10	20
	7	173	68	1.0	1.0	85	12	21
	8	165	65	1.0	1.0	84	11	18
	9	174	65	1.0	1.0	95	14	24
	mean	172.6	69.6	1.12	1.10	85.0	11.3	20.4
	SD	5.4	9.2	0.24	0.29	6.0	1.7	1.9
Control	1	175	70	1.0	1.0	69		22
	2	170	62	1.0	1.0	50		22
	3	171	59	0.8	0.8	68		19
	4	183	73	0.8	0.8	70		18
	5	170	60	1.5	1.5	56		18
	mean	173.8	64.8	1.02	1.02	62.6		19.8
	SD	5.0	5.6	0.26	0.26	8.1		1.8

投球は前方30mの垂直に設置した的の中心に向かって、Table 2 に示す条件ごとに5投ずつ実施させた。通常投球(a)とともに、視覚遮断投球は被験者にあらかじめ Table 2 に示す(b),(c),(d),(e),(f)の各指定時点で自発的に閉眼するよう指示して行った。

各投球ごとにホールの到達点の的の中心からの距離（スレ）を測定し、(a)～(f)の条件ごとに5投の平均値を各被験者のスレのデータとした。

Table 2. The appointed stages for voluntary eye closing in throwing

mark	appointed stage
(a)	none (normal throwing)
(b)	left foot leave from ground
(c)	right hand reach to the bottom
(d)	right hand reach to the backward
(e)	right hand reach to the top of swing
(f)	immediately after ball release

なお、実際の閉眼時間は被験者の両眼の外側から誘導した筋電図をテレメータ（三栄測器製テレモニタ270）搬送により、カット周波数を 30Hz として、レクチグラフ 8 K（三栄測器製）で記録し、これと同時に撮影した VTR 映像によりボールリリースまでの時間として算出し、マイナスで表示した。

結 果

投球によるボールの到達点の的中心からの距離（ズレ）の群別、投球条件別平均値は Table 3 に示すとおりである。

Table 3. Means of the deviation from the target

group	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	difference ^{a)}
Trained (n=9)	0.60 0.21	2.12 0.75	1.53 0.46	1.09 0.56	0.86 0.24	0.69 0.24	p<0.001
Control (n=5)	1.53 0.56	2.40 0.72	1.57 0.49	1.74 0.47	1.40 0.58	1.37 0.50	n.s
difference ^{b)}	p<0.005			p<0.1	p<0.05	p<0.01	

Mean (upper) and SD (bottom), unit: m, ^{a)}: between conditions, ^{b)}: between group

熟練群では、閉眼時期が早いほどズレの平均値は大きくなり、分散分析の結果、個人間および条件間に有意の差 ($p<0.01$, $p<0.001$) が認められ、正確な投球をするためには動作中の視覚情報が重要であることを示している。なお、対照群では閉眼時期がボールリリースに近くなると、ズレの平均値はわずかに低下する傾向がみられるものの、条件間に有意の差があるとは認められず、視覚情報の有効性が低いことを示している。

投球条件ごとのズレの平均値の群間差をみると、通常投球(a)や閉眼時間の短い(f)と(e)では有意の差 ($p<0.005$, $p<0.01$, $p<0.05$) が認められ、熟練群の方が対照群より明らかに正確な投球をしていることがわかる。ところが、閉眼時間の長い(b), (c)では両群のズレの平均値はほとんど同レベルにあり、熟練群でも正確さがなくなっている。なお、(d)では熟練群の平均値が対照群より低値であるが、両群の平均値間には有意の差は認められない。

つぎに、両群の閉眼時間の平均値の推移は Table 4 に示すとおりである。また、時間比率のみを図示すると、Fig. 1 のとおりとなる。

Table 4. Means of the eye close time in throwing

	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Trained (sec) (n=9)	-1.47 ± 0.19	-0.65 ± 0.15	-0.34 ± 0.04	-0.12 ± 0.04	0.07 ± 0.04
close (%)	100	44.1 ± 8.4	23.3 ± 4.8	8.0 ± 2.4	(-4.8 ± 2.3)
open (%)	0	55.9 ± 8.4	76.7 ± 4.8	92.0 ± 2.4	
Control (sec) (n=5)	-1.13 ± 0.14	-0.62 ± 0.08	-0.32 ± 0.08	-0.14 ± 0.05	0.09 ± 0.06
close (%)	100	55.1 ± 5.1	28.8 ± 6.8	12.0 ± 3.0	(-7.7 ± 4.6)
open (%)	0	44.9 ± 5.1	71.2 ± 6.8	88.0 ± 3.0	

Mean \pm SD, % indicate the rate of close or open duration in throwing process,
(-) indicates the time before the ball release

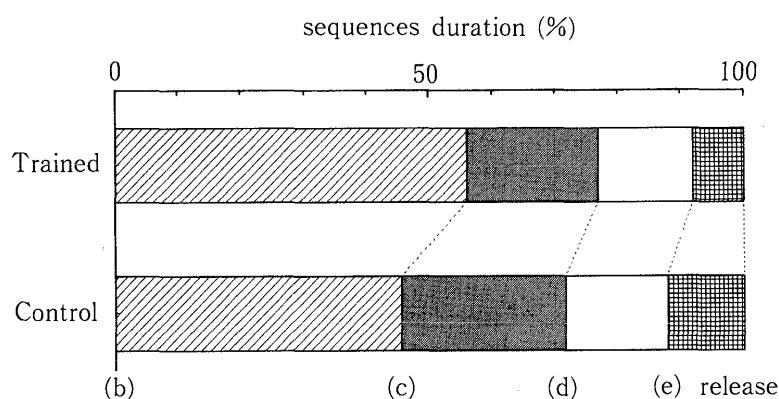


Fig.1 Means of sequences duration in throwing

投球動作の開始時期とみられる踏み出し足が地面から離れる時点(b)で閉眼した場合の閉眼時間は、熟練群が対照群より平均値は大きく、有意の差 ($p < 0.01$) がみられるが、その他の時点の閉眼時間の平均値は両群間にはほとんど差はみられない。しかし、各被験者の(b)時点の閉眼時間を投球に要する時間として、これに対する各時点の閉眼時間の比率の平均値はいずれも熟練群の方が対照群より低い値を示し、(c)および(e)で群間に有意の差 ($p < 0.05$) が認められた。

考 察

わが国では、野球やソフトボールは一般に広く親しまれており、男子大学生などではまったくの初心者少なく、投球動作は一応習熟している者が多いと考えられる。しかし、今回の熟練群と対照群の通常投球時のボール到達点の的の中心からの距離(ズレ)の平均値には大きな差がみられたように、この単純な運動のパフォーマンスには大きな差がみられることも事実である。豊島らは、投球の正確さを示す的中率は、的までの距離を遠投距離に対する割合によって規定すると、熟練度

に影響されないことを示している³⁾ このことから、今回の通常投球(a)の熟練群と対照群の正確さの違いは、おおむね遠投能力の違いによってもたらされていることかかえる。つまり、今回用いた的までの距離(30m)は熟練群では遠投能力の38%~32%で、対照群では60%~43%と相対的距離の差があり、豊島ら⁴⁾の示した的中率の成績とよく合致している。これは両群の被験者全員の遠投能力とズレの関係をみると、通常投球(a)では強い逆相関 ($r=-0.837$, $p<0.001$) を示しており (Fig 2), 投球能力が高いほどズレが小さくなっていることから、投球時の相対的出力の差によっていることが確認できる。しかし、閉眼時間が長くなるにつれ (e) $r=-0.565$ ($p<0.05$), (d) $r=-0.464$ (ns) とその相関は弱くなり、(c) では $r=-0.242$ (ns) とほとんど関係はなくなる。また、Table 3 に示したように、閉眼時間の長いときには熟練群と対照群のズレはほとんど同レベルになることから、熟練群でもあたかも遠投能力が低下して、相対的投球出力レベルが高くなったような現象であると考えられる。このことから、通常の投球時の正確さと投能力の関係には、遠投能力が投球パワーの指標としてたけてはなく、視覚情報利用などの技能的要因も含んでいると考える必要がある。

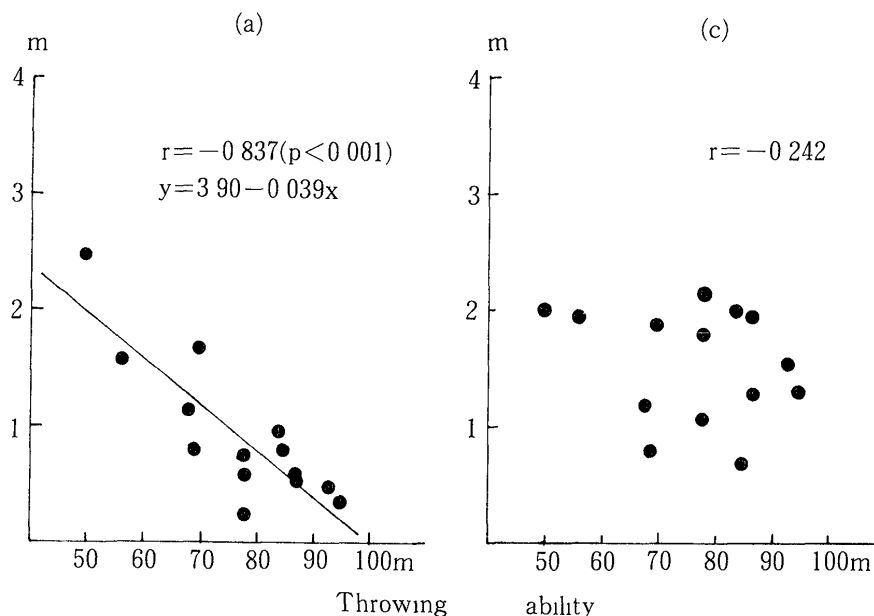


Fig 2 The relationship between the throwing ability and the deviation

つぎに、閉眼時間の延長にともなってホール到達点のズレの平均値は熟練群では明確に増加しており、対照群ではわずかにその傾向がみられる (Table 3)。ここで、閉眼時間とズレの関係をみると、Fig 3 に示すとおり熟練群ではかなり強い相関関係 ($r=-0.699$, $p<0.01$) が認められるものの、対照群では個人内で一貫した傾向を示す例が少なく、相関係数も低値である ($r=-0.406$, $p<0.05$)。このことは、対照群では前に示したとおり出力レベルが高く、視覚情報を使った場合でも動作の再現性に欠けることから、視覚情報をとれる時間が延びてもパフォーマンスの向上に確実に寄与しないことを示している。一方、熟練群の視覚情報獲得時間の延長にともなうズレの低下は、投球動作中の視覚情報が運動調整に有効に利用されていることを明確に示している。

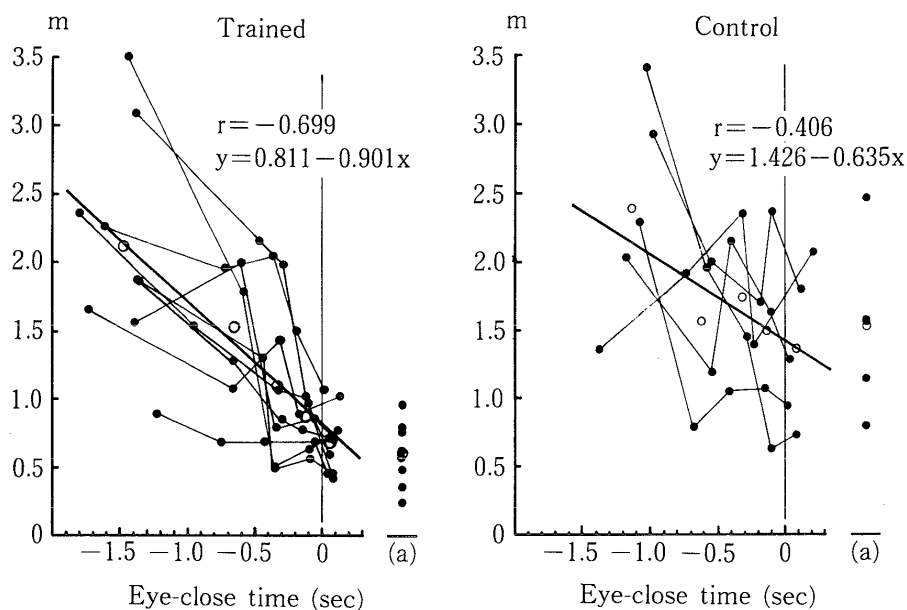


Fig.3 Relation Between the eye-close time and the deviation in Trained and Control group

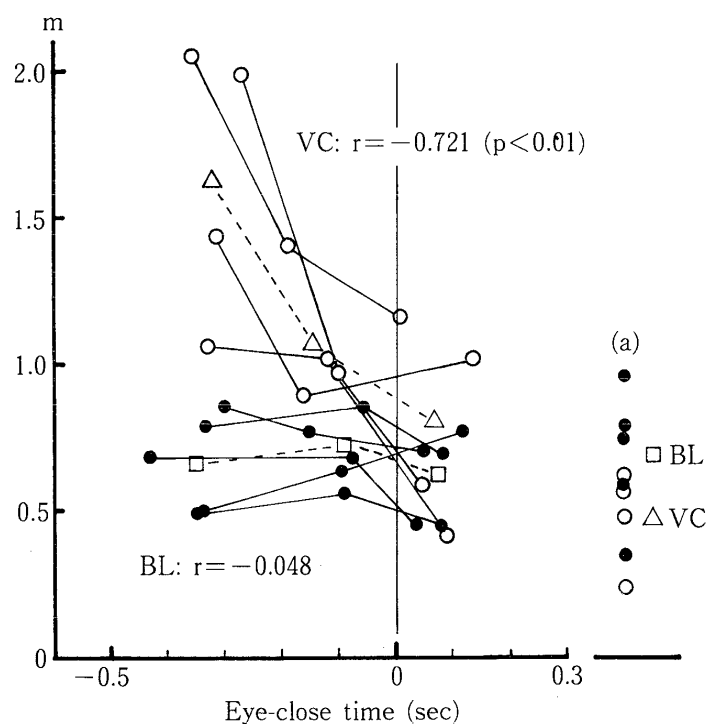


Fig.4 Relationship between eye-close time abd deviation in BL and VC group

この関係は熟練群全体としては直線関係で示され、あたかも投球動作の全過程で、視覚情報の有効性が同等であるかのような傾向を示している。しかし、被験者ごとに閉眼時間に対するズレの関係をみると、Fig.4に示すとおり、すでに(d)時点以降通常投球とほとんど同レベルの低いズレしか示さない者と、ボールリリースまでズレが低下し続ける者のいることがわかる。そこで、前者を

(BL) クループ, 後者を (VC) クループとして, (d)~(f)の閉眼時間とスレの関係をみると, VC クループでは $r=-0.721$ ($p<0.01$) とかなり高い相関を示し, BL クループでは $r=-0.048$ で相関関係はみられない。また, 両クループの各閉眼指定時期ごとの閉眼時間とスレの平均値の関係をみると, Fig 5 に示すようになる。閉眼時間の長い(b),(c)および通常投球(a)とリリース後閉眼の(f)では, 両クループのスレの平均値間には有意の差はみられないが, (d)と(e)では有意の差が認められた ($p<0.01$, $p<0.05$)。これは Table 5 に示すとおり, 両クループの通常投球(a)のスレにも遠投能力(TA)にも差がないことから, 視覚情報を利用した投球の調整が飛躍的に良くなる時期に違いのあることに起因している。つまり, 両クループとも投球動作中の視覚情報の有効性が均等ではなく, 投球制御にとって特異的に有効性の高い情報を得る時期のあることを示唆している。この時期は BL クループでは平均値としてみると, ホールリリースの0.6秒前から0.35秒前の間にあり, 投球動作(b=ボールリリース間)のうち平均閉眼時間比率が44.8%~26.2% (開眼時間比率55.2%~73.8%)の時期 (Table 5) である。これは, ハスケットホールのニュート時の眼球運動停止時間か, 成功例の平均でホールリリースの前0.54秒で, ニュート動作の60%に当り, 失敗時ではそれぞれ0.36秒, 40%であること⁵⁾や RIPOLL ら⁶⁾のニュート時の眼球運動および頸の静止の成績と類似している。また, 比率的にはテニスの熟練者のクラントストロークで視覚情報の入力時間が60~70%になると, 指定された場所に打ち返すことかてきなくなる⁷⁾に通じる。これは投球などのハリスティック動作のプロクラムの生成時期としては, 妥当なものと考えられる。しかし, VCクループではホールリリース前0.32秒, 投動作の80.8% (平均)以降で顕著なスレの低下が続いていることは, 一般的にいわれているハリスティック動作の傾向とは著しく異なっている。しかし, ハリスティック動作の範囲の問題もあるが, プロクラムか即時的視覚情報だけでなく, 身体各部からの固有受容感覚や⁸⁾, 短い記憶テータに基づいてなされるとすれば, この時間前後にも十分に起こり得る現象である。

Table 5 Means of the deviation and the eye close time in BL and VC group

stage	deviation (m)		eye close time (sec)		rate of open time(%)	
	BL	VC	BL	VC	BL	VC
(b)	1.94±0.86	2.34±0.51	-1.356±0.070	-1.607±0.199	0.0	0.0
(c)	1.42±0.46	1.68±0.42	-0.604±0.108	-0.701±0.169	55.2±9.6	56.7±6.4
(d)	0.66±0.15**	1.63±0.41	-0.352±0.045	-0.319±0.032	73.8±4.6	80.8±1.8
(e)	0.70±0.11*	1.07±0.20	-0.093±0.032	-0.144±0.036	93.0±2.3	90.7±1.9
(f)	0.62±0.14	0.80±0.31	0.072±0.029	0.070±0.047	(100)	(100)
(a)	0.70±0.21	0.48±0.15				
TA	85.8±5.49	84.0±6.36				

Mean ± SD, ** $p<0.01$, * $p<0.05$, TA throwing ability

以上のように, 的当て投球の正確さが視覚入力時間の延長にともなって漸増するのではなく, 飛躍的に上昇する視覚入力時期があることを示した。これは, 捕球動作の始動臨界時間かホールと指の接触前0.3秒であるということ^{9,10)}や, テニスのストロークやサッカーのインサイトホレーなどの視覚入力時間を短縮すると, パフォーマンスが急に変化する時期^{7,10)}に相当する。

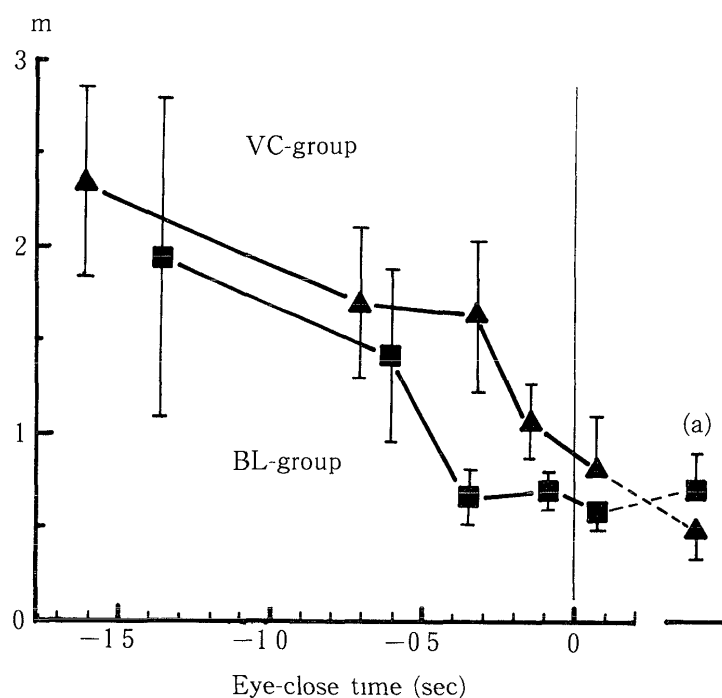


Fig 5 The relationship between the eye-close time and variation in BL-group and VC-group

これらのことから、ハリスティック動作といわれる投球動作のための姿勢制御を含むプログラムか、主動作の開始時期のほぼ 200 ~ 600 msec の間の一定時間内の身体各部の変移量データに基づいて生成されるものと考えられる。この時期の変移量検出は固有受容感覚によってなされることが考えられ、その基準としての頭（頸）の向きの保持に目標注視が必要であることを示している。

摘 要

野球部に所属する男子大学生9名（熟練群）と野球部所属経験のない男子大学生（対照群）の的当て(30m)投球動作途中の自発的閉眼による視覚遮断実験から、ハリスティック動作である投球のプログラム時期を考察し、以下のような結論を得た。通常投球(a)時のホールの到達点の的中心からのスレは遠投能力と強い逆相関 ($r = -0.837$) を示すか、視覚入力時間短縮につれその関係は弱くなり、相関はみられなくなる。これは高い投球パワー発生のためには、視覚入力が必要であることを示している。つぎに、熟練群では閉眼時間（マイナス表示）とスレには高い逆相関 ($r = -0.699$) が認められるか、かならずしも直線的関係とはかきらず、閉眼時間の短縮につれスレが飛躍的に低下する視覚情報入力の有効性が特異的に高い時期のあることが明らかになった。この時期には投球のハリスティック制御部分のプログラムを、動作中の一定時間内の身体各部の変移量をもとに生成しており、変移量検出の基準としての頭（頸）の方向性を規定するために、視覚情報（視線の固定）が特に重要であると考えた。

文 献

- 1) 中村隆一 人の運動発現 運動の生理 (佐々木和夫 本郷利憲編集), (1988) 医学書院, 東京 pp 93-101
- 2) 大築立志 随意運動制御の基礎理論 「たくみ」の科学 (1988) 朝倉書店, 東京, pp 179-225
- 3) 伊藤政展 身体運動の制御と学習における運動プログラムとスキーマの役割, 体育の科学 39 607-614, 1989
- 4) 豊島進太郎, 星川保 投げ出されたボールの速度と正確性からみた投運動の調整力, 身体運動の科学 ~Ⅱ~ 身体運動のスキル (キョノオロノ研究会編), (1976), 杏林書院, 東京, pp168-177
- 5) 小郷克敏, 上原 泰 錦井利臣 動作中の眼球運動と運動成果の関係 ハスケットボールのシュートについて 熊本大学教育学部紀要, 自然科学 39 61-67, 1990
- 6) RIPOIL H BARD C and PAILLARD J Stabilization of head and eyes on target as a factor in successful basketball shooting *Human Movement Science* 5 47-58 1986
- 7) 鬼頭伸和 クラントストロークと視覚入力 *J J SPORTS SCI* 2 278-282 1983
- 8) CONTI P abd BEAUBATON D Role of structured visual field and visual reference in accuracy of pointing movements *Perceptual and Motor Skills* 50 239-244 1980
- 9) SHARP R H and WHITING H T A Exposure and occluded duration effects in a ball-catching skill *J Motor Behav* 6 137-147 1974
- 10) ALDERSON G J K SULLY D J and SULLY H G An operational analysis of a one-handed catching task using high speed photography *J Motor Behav* 6 217-226 1974
- 11) 鬼頭伸和 視覚入力遮断と基本動作 *J J SPORTS SCI* 4 347-352 1985